

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局



(43)国際公開日
2005年3月24日 (24.03.2005)

PCT

(10)国際公開番号
WO 2005/025814 A1

(51)国際特許分類7:

B25J 5/00, 19/00

(21)国際出願番号:

PCT/JP2003/011696

(22)国際出願日:

2003年9月12日 (12.09.2003)

(25)国際出願の言語:

日本語

(26)国際公開の言語:

日本語

(71)出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社
テムザック (TMSUK CO., LTD.) [JP/JP]; 〒803-0851 福岡県 北九州市
小倉北区木町一丁目7番8号 Fukuoka (JP).

(71)出願人および

(72)発明者: 高西 淳夫 (TAKANISHI,Atsuo) [JP/JP]; 〒
165-0024 東京都 中野区 松が丘 2-19-9-216
Tokyo (JP).

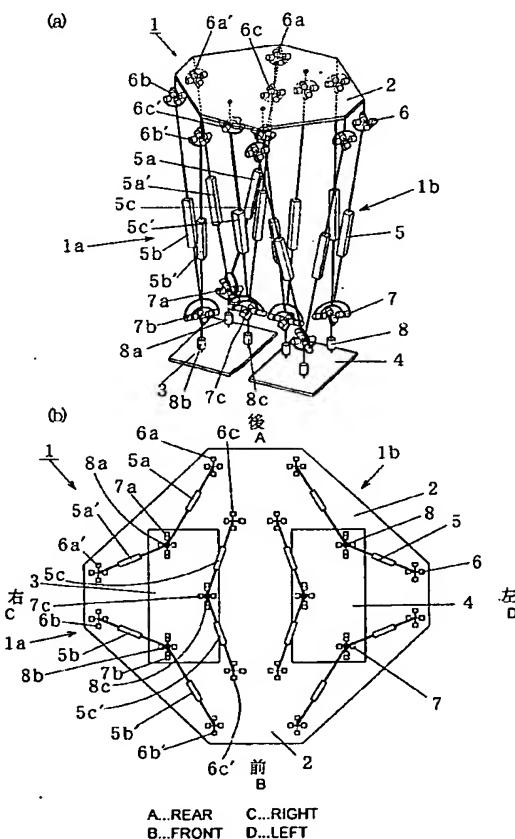
(72)発明者: および

(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 井野 重秋
(INO,Shigeaki) [JP/JP]; 〒803-0851 福岡県 北九州市
小倉北区木町一丁目7番8号 株式会社テムザック
内 Fukuoka (JP). 高本 陽一 (TAKAMOTO,Yoichi)
[JP/JP]; 〒803-0851 福岡県 北九州市 小倉北区木町一
丁目7番8号 株式会社テムザック内 Fukuoka (JP).
馬場 勝之 (BABA,Katsuyuki) [JP/JP]; 〒803-0851 福岡
県 北九州市 小倉北区木町一丁目7番8号 株式会社
テムザック内 Fukuoka (JP).

[続葉有]

(54)Title: LOWER BODY MODULE FOR TWO-LEGGED WALKING ROBOT

(54)発明の名称: 2足歩行ロボットの下半身モジュール



(57)Abstract: A lower body module for a two-legged walking robot of which leg section is capable of bearing a large load because the leg portion is constructed by a parallel link mechanism, and which is capable of carrying a heavy load and excellent in practicability. A heavy upper body can be mounted or assembled in the lower body module, and the module has high degree of freedom in design. A lower body module (1) for a two-legged walking robot comprises a base section (2); a right foot section (3) and a left foot section (4); passive joints (6, 7, 8) arranged in each of the base section (2), the right foot section (3), and the left foot section (4); and parallel link mechanisms (1a, 1b) respectively arranged between the passive joint (6) provided in the base section (2) and the passive joints (7, 8) provided in the right foot section (3), and between the passive joint (6) provided in the base section (2) and the passive joints (7, 8) provided in the left foot section (4).

(57)要約: 脚部をパラレルリンク機構により構成しているので脚部が大きな負荷に耐えることができ、重量物の搬送が可能で実用性に優れると共に、重量の大きい上半身を搭載又は組み込むことができ設計の自由度に優れる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することを目的とする。本発明の2足歩行ロボットの下半身モジュール(1)は、ベース部(2)と、右足部(3)及び左足部(4)と、ベース部(2)と右足部(3)及び左足部(4)の各々に配設された複数の受動ジョイント(6, 7, 8)と、ベース部(2)に配設された受動ジョイント(6)と右足部(3)に配設された受動ジョイント(7, 8)との間、及び、ベース部(2)に配設された受動ジョイント(6)と左足部(4)に配設された受動ジョイント(7, 8)との間に各々配設されたパラレルリンク機構部(1a, 1b)と、を備えた構成を有する。

WO 2005/025814 A1



- (74) 代理人: 榎本一郎 (ENOMOTO, Ichiro); 〒802-0001 福岡県 北九州市 小倉北区 浅野1丁目2番39号 小倉興産14号館405号 Fukuoka (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR). 添付公開書類:
— 國際調査報告書
2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

2足歩行ロボットの下半身モジュール

技術分野

本発明は、下半身のみで歩行動作を行うことができる2足歩行ロボットの下半身モジュールに関し、特に脚部の機構としてパラレルリンク機構を用いた2足歩行ロボットの下半身モジュールに関するものである。

背景技術

近年、人間の生活環境で活動する人間形ロボット、いわゆるヒューマノイドロボットの研究、開発がさかんに行われている。ヒューマノイドロボットは、工業生産だけでなく、家事、高齢者介護等、人間の生活を快適にする目的で使用される場合が多く、人間のために作られた環境において不特定の使用者と密着して作業するため、それに適した形態と機能を持つ必要がある。また、特別な使用訓練を必要とせず安全で柔軟なインターフェースを備えることも要求され、極めて多くの研究課題がある。特に、移動手段として人間と同様に2足を有し、2足歩行を行う2足歩行ロボットは、多くの研究機関や企業で鋭意研究され開発されている。

従来の2足歩行ロボットは、共通して脚部の機構に運動学的制約が少ないシリアルリンク機構が用いられていた。シリアルリンク機構とは、複数のリンクを直列に連結した機構であり、産業用マニピュレータ等に広く用いられている。

このようなシリアルリンク機構により脚部を構成した2足歩行ロボットとしては、特開平5-237775号公報（以下、イ号公報という）に、「基体と、それに連結され、2個のリンクを結合する関節を少なくとも1個有する少なくとも1個のリンク機構と、前記リンク機構の関節を駆動する駆動手段とその駆動手段の動作を制御する制御機器と、を備えたことを特徴とする2足歩行ロボット」が開示されている。

第7図は従来の2足歩行ロボットの模式図である。なお、第7図においては、右脚部のみについて説明し、左脚部については右脚部と同様の構成であるので説

明を省略する。

第7図において、100は従来の2足歩行ロボット、101は股部の回転方向運動用の関節、102は股部の前後方向運動用の関節、103は股部の左右方向運動用の関節、104は膝部の前後方向運動用の関節、105は足首部の前後方向運動用の関節、106は足首部の左右方向運動用の関節、107は足部、108は基体、109は股部の関節101、102、103と膝部の関節104を連結する大腿リンク、110は膝部の関節104と足首部の関節105、106を連結する下腿リンクである。

第7図に示すように、従来の2足歩行ロボット100は、右脚部及び左脚部に各々6個の関節を備える。股部と足首部には各々前後左右方向の2つの関節が直角に配置されており、その関節軸線は空間の1点で交わっている。股部の前後方向運動用の関節102と膝部の前後方向運動用の関節104と足首部の前後方向運動用の関節105は、その回転軸が平行に配置されており、他の3つの自由度がどの様に振る舞っても、この3つの関節102、104、105の相対位置関係は変わらないように構成されている。また、股部においては、脚部全体の回動を行う第3の自由度として回転方向運動用の関節101が設けられており、その回転軸は、関節102、103の軸の交点でこれら2軸と互いに直交するよう配設されている。

また、特開2001-121460号公報（以下、口号公報という）には、「第1部材と第2部材とを相対的に空間6自由度で駆動するパラレルリンク駆動機構であつて、該パラレルリンク機構は、第1部材と第2部材とを連結する、2自由度駆動機能を有する少なくとも3本のユニットリンクから構成され、各ユニットリンクは、第1腕及び第2腕と、第1部材と第1腕を連結する1自由度回転駆動関節と、第1腕と第2腕を連結する1自由度回転駆動1自由度回転駆動関節と、第2腕と第2部材とを連結する3自由度回転駆動関節と、を備えたことを特徴とするロボット用パラレルリンク駆動機構」が記載されている。

しかしながら上記従来の技術では、以下のような課題を有していた。

(1) イ号公報に記載の2足歩行ロボットでは、脚部がシリアルリンク機構により構成されているため脚部の先端に配設された足部における出力が小さく構造的

に大きな負荷に耐えられず、例えば上半身として重量の大きいものを搭載又は組み込むことができず設計の自由度に欠けると共に、上半身に腕部等を設けた場合に腕部で重量物を持って高速で移動することができず実用性に欠けるという課題を有していた。

(2) また、従来の2足歩行ロボットは、下半身の脚部がシリアルリンク機構により構成され構造的に安定性に欠けるため、上半身と下半身を組み合わせて協調的に動作させるよう設計されていた。このため、下半身のみ設計することは困難であり、下半身は上半身の構造や動作を考慮して設計する必要があったため設計の自由度に欠けるという課題を有していた。

(3) 口号公報に記載のロボット用パラレルリンク駆動機構では、各々のユニットリンクが直列に連結された第1腕と第2腕により構成されているため、このロボット用パラレルリンク駆動機構をロボットの左右の脚部に用いた場合、各々の機構が互いに干渉するため動作が制限されると共に、設計の自由度に欠け実用性に欠けるという課題を有していた。

本発明は上記従来の課題を解決するもので、脚部をパラレルリンク機構により構成しているので脚部が大きな負荷に耐えることができ、重量物の搬送が可能で実用性に優れると共に、重量の大きい上半身を搭載又は組み込むことができ設計の自由度に優れる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することを目的とする。

発明の開示

上記課題を解決するために本発明の2足歩行ロボットの下半身モジュールは、以下の構成を有している。

本発明の請求の範囲第1項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュールは、ベース部と、右足部及び左足部と、前記ベース部と前記右足部及び前記左足部の各々に配設された複数の受動ジョイントと、前記ベース部に配設された前記受動ジョイントと前記右足部に配設された前記受動ジョイントとの間、及び、前記ベース部に配設された前記受動ジョイントと前記左足部に配設された前記受動ジョイントとの間に各々配設されたパラレルリンク機構部と、を備えた構成を有して

いる。

この構成により、以下のような作用を有する。

(1) 下半身モジュールの脚部が、ベース部と右足部及び左足部との間に各々複数のリンクが並列に配設されたパラレルリンク機構部により形成されているので、各々のリンクに負荷が分散され大きな負荷に耐えることができ剛性を高くすることができると共に、右足部及び左足部における出力が大きく、重量物の搭載や搬送等が可能で実用性に優れる。

(2) 下半身モジュールの脚部が、ベース部と右足部及び左足部との間に各々複数のリンクが並列に配設されたパラレルリンク機構部により形成されているので、歩行動作中におけるリンクの可動変位の誤差による右足部又は左足部の位置誤差が平均化され高精度の位置決めを行うことができると共に、リンクの変位を検出する検出器に高い分解能を必要としないため生産性に優れる。

(3) 下半身モジュールの脚部の動作に上半身の補償動作を必要としないため、重量の大きい上半身を搭載又は組み込むことができ設計の自由度に優れる。

(4) 下半身モジュールの脚部がパラレルリンク機構部により形成されているので、動作制御のための逆運動学の計算が容易であり、歩行パターンを生成するコンピュータの負担を軽減することができる。

(5) 下半身モジュールの脚部がパラレルリンク機構部により形成されているので、シリアルリンク機構に比べ、下半身モジュールが低い姿勢をとった場合にリンクのアクチュエータにかかる負荷トルクを低減できると共に、アクチュエータの動力を節約でき省エネルギー性に優れる。

(6) パラレルリンク機構部を構成する複数のリンクとして同一の構造のものを用いることができるので、製造時の省コスト性及び省力性に優れると共に、メンテナンス性を向上させることができる。

ここで、パラレルリンク機構部は、ベース部と右足部、及び、ベース部と左足部の間に各々配設され、各々のパラレルリンク機構部には複数のリンクが並列に配設されている。

リンクとしては、モータを用いた送り螺子機構を有するものや、油圧、水圧、空気圧シリングや直動型アクチュエータ等を用いた直動リンクや、2以上の棒状

部材を駆動関節により連結したものの等種々のものが用いられる。なお、直動リンクを用いた場合、各々の直動リンクはその軸方向へ伸縮するため互いに干渉することがなく装置の小型化及びコンパクト化が可能であり好ましい。

受動ジョイントとしては、ユニバーサルジョイント、ボールジョイント、又は2軸の軸継手、或いはこれらと1軸或いは2軸の軸継手の組合せ等を各々適宜ベース側や右足部側、左足部側に配置して用いられる。なお、ユニバーサルジョイントを用いた場合、ボールジョイントに比べ可動範囲が広くなるため好ましい。

請求の範囲第2項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュールは、請求の範囲第1項に記載の発明において、前記ベース部と前記右足部との間及び前記ベース部と前記左足部との間に配設された各々3組の前記パラレルリンク機構部を備えた構成を有している。

この構成により、請求の範囲第1項の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1) 左右の脚部に用いられる各々のパラレルリンク機構部は、2本のリンクを1組としてV字形状に配設され、それが3組配設されたスチュワートプラットフォームにより構成されているので、安定性及び剛性に優れると共に、動作制御を簡便化することができる。

ここで、下半身モジュールの左右の脚部に用いられる各々のパラレルリンク機構部は、ベース部の中央の両側に対称に配設されることが好ましい。また、パラレルリンク機構部に用いられるリンクも、左右の脚部で同様に対称に配設されることが好ましい。これにより、歩行動作制御を行うためのZMP (Zero Moment Point) 制御が可能であり、歩行動作時の安定性に優れる。

請求の範囲第3項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュールは、請求の範囲第1項又は第2項に記載の発明において、前記パラレルリンク機構部が、各々6自由度を有した構成を有している。

この構成により、請求の範囲第1項又は第2項の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1) パラレルリンク機構部が各々6自由度を有することにより、右足部及び左足部が多様な動作を行うことができ、歩行動作を円滑に行うことができる。

(2) 右脚のパラレルリンク機構部と左脚のパラレルリンク機構部とが対称に配設された場合、各々のパラレルリンク機構部が6自由度を有することにより、歩行動作時に下半身モジュールの腰軸に軸周方向のモーメントがかからないよう歩行制御を行うことができるため、歩行時にベース部が腰軸の軸周方向の回動することなく安定した歩行が可能である。

請求の範囲第4項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュールは、請求の範囲第1項乃至第3項の内いずれか1項に記載の発明において、前記パラレルリンク機構部のリンクとして、前記ベース部と前記右足部との間、及び前記ベース部と前記左足部との間に前記受動ジョイントを介して各々複数立設された伸縮可能な直動リンクを備えた構成を有する。

この構成により、請求の範囲第1項乃至第3項の内いずれか1項の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1) パラレルリンク機構部のリンクとして、可動方向がリンクの長手方向である直動リンクと用いることで、各々の直動リンクが互いに干渉することがないため装置の小型化及びコンパクト化が可能であると共に、設計の自由度に優れる。

(2) パラレルリンク機構部のリンクとして、可動方向がリンクの長手方向である直動リンクを用いることで、直動リンクの伸長時と短縮時で直動リンクのアクチュエータにかかる負荷に大きな差が出ないため、下半身モジュールが低い姿勢をとつた場合にアクチュエータにかかる負荷トルクを低減できると共に、アクチュエータの動力を節約でき省エネルギー性に優れる。

(3) 各々の直動リンクには引っ張り力及び圧縮力のみが印加され曲げモーメントが加わらないため、強度及び剛性に優れると共に、材質や形状の選択の幅が広がり設計の自由度に優れる。

請求の範囲第5項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュールは、請求の範囲第1項乃至第4項の内いずれか1項に記載の発明において、前記パラレルリンク機構部のリンクが、各々アクチュエータとして直動型アクチュエータを備えた構成を有している。

この構成により、請求の範囲第1項乃至第4項の内いずれか1項の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1) 直動リンクをその長手方向に伸縮させるために、直動型アクチュエータを用いることができるので、部品点数を減少させることができると共に、高精度の変位制御を容易に行うことができる。

請求の範囲第6項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュールは、請求の範囲第5項に記載の発明において、前記直動型アクチュエータが、前記直動リンクの前記ベース部側に配設された構成を有している。

この構成により、請求の範囲第5項の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1) 直動型アクチュエータがベース部側に配設されるため、直動リンクの右足部及び左足部側の重量を軽減することができ、右足部及び左足部を動作させる動力を低減させることができ省エネルギー性及び安定性に優れる。

請求の範囲第7項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュールは、請求の範囲第1項乃至第6項の内いずれか1項に記載の発明において、前記受動ジョイントとして、前記ベース部に固定されたコ字形状のベース部側上部継手と、前記直動リンクの端部に固定されたコ字形状のベース部側下部継手と、前記ベース側上部継手と前記ベース側下部継手を直交状に回動自在に連結する連結回動部と、を有するベース部側受動ジョイントと、前記直動リンクの端部に固定されたコ字形状の足部側上部継手と、前記足部に回動自在に固定されたコ字形状の足部側下部継手と、前記足側上部継手と前記足側下部継手を直交状に回動自在に連結する連結回動部と、を有する足側受動ジョイントと、を備えた構成を有している。

この構成により、請求の範囲第1項乃至第6項の内いずれか1項の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1) 直動リンクが、2自由度を有するベース部側受動ジョイントと、3自由度を有する足部側受動ジョイントにより、その両端においてベース部と足部に連結されているので、各々の受動ジョイントが直動リンクの伸縮に追従してこれを妨げることなく円滑に従動し、安定した動作が可能であると共に、可動範囲を広く設定することができる。

(2) 左右脚のパラレルリンク機構部が、各々6自由度に形成されるため、右足部及び左足部が、前後、左右、上下、及び前後方向、左右方向、上下方向を軸と

した軸周方向の動作が可能であり、多様な動作を行うことができ、歩行動作を円滑に行うことができる。

図面の簡単な説明

第1（a）図は実施の形態1における2足歩行ロボットの下半身モジュールの模式斜視図である。

第1（b）図は実施の形態1における2足歩行ロボットの下半身モジュールの模式平面図である。

第2図は実施の形態2における2足歩行ロボットの下半身モジュールの斜視図である。

第3図は直動リンクの要部斜視図である。

第4（a）図は直動リンクの要部側面図である。

第4（b）図は第4（a）図のA-A線の要部矢視断面図である。

第5図はベース部側受動ジョイントの要部斜視図である。

第6図は足部側受動ジョイントの要部斜視図である。

第7図は従来の2足歩行ロボットの模式図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施の形態について、図を用いて説明する。

（実施の形態1）

第1（a）図は本実施の形態1における2足歩行ロボットの下半身モジュールの模式斜視図であり、第1（b）図は本実施の形態1における2足歩行ロボットの下半身モジュールの模式平面図である。

第1図において、1は本実施の形態1における2足歩行ロボットの下半身モジュール、1aは右脚のパラレルリンク機構部、1bは左脚のパラレルリンク機構部、2はベース部、3は右足部、4は左足部、5a、5a'、5b、5b'、5c、5c'は直動リンク、6a、6a'、6b、6b'、6c、6c'はベース部側受動ジョイント、7a、7b、7cは足部側受動ジョイント、8a、8b、8cは回動受動ジョイントである。なお、左脚のパラレルリンク機構部1bの各

部は右脚のパラレルリンク機構部 1 a と対称で同一構成なので説明を省略する。

ここで、ベース部側受動ジョイント 6 a、6 a' はベース部 2 の下面の右後部側に配設されている。足部側受動ジョイント 7 a は右足部 3 の右後部側に配設され、その下部には回動受動ジョイント 8 a が配設されている。直動リンク 5 a は上端部がベース部側受動ジョイント 6 a に連結され、下端部が足部側受動ジョイント 7 a に連結されている。直動リンク 5 a' は上端部がベース部側受動ジョイント 6 a' に連結され、下端部が足部側受動ジョイント 7 a に連結されている。

ベース部側受動ジョイント 6 b、6 b' はベース部 2 の下面の右前部側に配設されている。足部側受動ジョイント 7 b は右足部 3 の右前部側に配設され、その下部には回動受動ジョイント 8 b が配設されている。直動リンク 5 b は上端部がベース部側受動ジョイント 6 b に連結され、下端部が足部側受動ジョイント 7 b に連結されている。直動リンク 5 b' は上端部がベース部側受動ジョイント 6 b' に連結され、下端部が足部側受動ジョイント 7 b に連結されている。

ベース部側受動ジョイント 6 c、6 c' はベース部 2 の下面の右中央部に配設されている。足部側受動ジョイント 7 c は右足部 3 の右中央部に配設され、その下部には回動受動ジョイント 8 c が配設されている。直動リンク 5 c は上端部がベース部側受動ジョイント 6 c に連結され、下端部が足部側受動ジョイント 7 c に連結されている。直動リンク 5 c' は上端部がベース部側受動ジョイント 6 c' に連結され、下端部が足部側受動ジョイント 7 c に連結されている。

このように、右脚のパラレルリンク機構部 1 a と左脚のパラレルリンク機構部 1 b はベース部 2 の中央に対してその両側に対称に配設されている。これにより、歩行動作制御を行うための ZMP 制御が可能であり、歩行動作時の安定性に優れる。

また、直動リンク 5、5 a、5 a'、5 b、5 b'、5 c、5 c'（以下、直動リンク 5、5 a～5 c' とする）は、モータを用いた送り螺子機構や、油圧、水圧、空気圧等を用いたシリンダ等の直動型アクチュエータを用いて伸縮自在に形成され、その長手方向に伸縮する 1 自由度に形成されている。ベース部側受動ジョイント 6、6 a、6 a'、6 b、6 b'、6 c、6 c'（以下、ベース部側受動ジョイント 6、6 a～6 c' とする）は、直動リンク 5、5 a～5 c' の長

手方向に直交し、且つ各々直交する2軸の軸周方向に回動する2自由度に形成されている。足部側受動ジョイント7、7a、7b、7cは、直動リンク5、5a～5c'の長手方向に直交し、且つ各々直交する2軸の軸周方向に回動する2自由度に形成されている。回動受動ジョイント8、8a、8b、8cは、直動リンク5、5a～5c'の軸周方向に回動する1自由度に形成されている。

このように、パラレルリンク機構部1a、1bは各々6自由度に形成されているため、右足部3及び左足部4は、前後、左右、上下、及び前後方向、左右方向、上下方向を軸とした軸周方向の動作が可能であり、多様な動作を行うことができ、歩行動作を円滑に行うことができる。

また、右脚のパラレルリンク機構部1aと左脚のパラレルリンク機構部1bとがベース部2の中央に対してその両側に対称に配設され、且つ、各々のパラレルリンク機構部1a、1bが6自由度を有することにより、歩行動作時に下半身モジュール1の腰軸、すなわちベース部2の中央を通りベース部2に直交する軸の軸周方向にモーメントがかからないよう歩行制御を行うことができる。これにより、歩行時にベース部2が腰軸の軸周方向の回動することなく、転倒することなく安定した歩行が可能である。

以上のように構成された本実施の形態1における2足歩行ロボットの下半身モジュールについて、以下その動作を図を用いて説明する。なお、本実施の形態1においては、下半身モジュールの右脚の動作について説明する。左脚の動作については右脚と同様であるので説明を省略する。

右脚を動作させる場合、予め設定された歩行パターンに基づいて右足部3の逆運動学を計算し、算出された値に基づいて直動リンク5a～5c'の各々の図示しないアクチュエータを駆動させ直動リンク5a～5c'を伸縮させる。直動リンク5a～5c'とベース部2又は右足部3との連結部分に配設されているベース部側受動ジョイント6a～6c'、足部側受動ジョイント7a～7c、及び回動継手8a～8cは、直動リンク5a～5c'の伸縮に追従してこれを妨げることなく円滑に従動する。直動リンク5a～5c'のアクチュエータの駆動は各々に配設されたロータリエンコーダ等の図示しない検出器により検出され、取得された検出値は角度データとしてフィードバックされ直動リンク5a～5c'はフ

イードバック制御される。これにより、右足部3は、一步踏み出す動作やその場で足踏みする動作等を行うことができる。更に、このような動作を右足部3と左足部4で交互に連続して行うことにより、歩行動作を行うことができる。

以上のように、本実施の形態1における2足歩行ロボットの下半身モジュール1は構成されているので、以下のような作用を有する。

(1) 下半身モジュール1の脚部が、ベース部2と右足部3及び左足部4との間に各々複数の直動リンク5が並列に配設されたパラレルリンク機構部1a、1bにより形成されているので、各々の直動リンク5に負荷が分散され大きな負荷に耐えることができ剛性を高くすることができると共に、右足部及び左足部における出力が大きく、重量物の搭載や搬送等が可能で実用性に優れる。

(2) 歩行動作中における直動リンクの可動変位の誤差による右足部3又は左足部4の位置誤差が平均化され高精度の位置決めを行うことができると共に、直動リンク5の変位を検出する検出器に高い分解能を必要としないため生産性に優れる。

(3) 下半身モジュール1の脚部の動作に上半身の補償動作を必要としないため、重量の大きい上半身を搭載又は組み込むことができ設計の自由度に優れる。

(4) 下半身モジュール1の脚部がパラレルリンク機構部1a、1bにより形成されているので、動作制御のための逆運動学の計算が容易であり、歩行パターンを生成するコンピュータの負担を軽減することができる。

(5) シリアルリンク機構に比べ、下半身モジュール1が低い姿勢をとった場合に直動リンク5のアクチュエータにかかる負荷トルクを低減できると共に、アクチュエータの動力を節約でき省エネルギーに優れる。

(6) パラレルリンク機構部1a、1bを構成する直動リンク5として同一の構造のものを用いることができるので、製造時の省コスト性及び省力性に優れると共に、メンテナンス性を向上させることができる。

(7) 左右の脚部に用いられる各々のパラレルリンク機構部1a、1bは、2本の直動リンク5を1組としてV字形状に配設され、それが3組配設されたスチュワートプラットフォームにより構成されているので、安定性及び剛性に優れると共に、動作制御を簡便化することができる。

(8) 各々の直動リンク 5 には引っ張り力及び圧縮力のみが印加され曲げモーメントが加わらないため、強度及び剛性に優れると共に、材質や形状の選択の幅が広がり設計の自由度に優れる。

(実施の形態 2)

第 2 図は本実施の形態 2 における 2 足歩行ロボットの下半身モジュールの斜視図である。

第 2 図において、 1 c は本実施の形態 2 における 2 足歩行ロボットの下半身モジュール、 2 はベース部、 3 は右足部、 3 a は右足部 3 の上部に固定された平板状の固定板、 4 は左足部、 4 a は左足部 4 の上部に固定された平板状の固定板、 9 はベース部 2 の上面に配設された制御装置部、 9' は制御装置部 9 の後部に配設された制御用コンピュータ、 10 はジャイロ、 11 はバッテリ、 12 はモータ駆動用回路部、 15 はベース部 2 と右足部 3 及び左足部 4 の間に各々立設された直動リンク、 16 はベース部 2 の下面側の所定位置に固定されたベース部側受動ジョイント、 17 は右足部 3 及び左足部 4 の固定板 3 a、 4 a の上面側の所定位置に回動自在に固定された足部側受動ジョイントである。

ここで、本実施の形態 2 においては、直動リンク 15 は後述する送り螺子機構により長手方向に伸縮自在に形成されている。送り螺子機構の代わりに油圧、水圧、空気圧等を用いたシリンダや直動型アクチュエータを用いた機構としてもよい。また、直動リンク 15 は、2 つを 1 組として上端部が各々ベース部側受動ジョイント 16 に連結され下端部が 1 つの足部側受動ジョイント 17 に連結された V 字形状に配設されている。1 組の直動リンク 15 は、右脚及び左脚に各々 3 組ずつ、平面視三角形状に配設され、片脚に 6 本、合計 12 本が配設されている。すなわち、本実施の形態 2 における 2 足歩行ロボットの下半身モジュール 1 c の左右の脚部は、各々スチュワートプラットフォームにより構成されている。これにより、動作の安定性及び強度に優れる。また、1 つのベース部側受動ジョイント 16 には 1 つの直動リンク 15 の上端部が連結され、1 つの足部側受動ジョイント 17 には 2 つの直動リンク 15 の下端部が連結されている。

ジャイロ 10、バッテリ 11、モータ駆動用回路部 12 は制御装置部 9 に配設されている。本実施の形態 2 においては、バッテリ 11 としてニッケル水素バッ

テリを使用した。

また、右足部3及び左足部4の底面側に、床反力を検出する6軸力覚センサを設けることもできる。6軸力覚センサは、各軸方向の力3成分と各軸周りのモーメント3成分を同時に且つ逐次連続的に高精度で検出することができる。また、6軸力覚センサで検出された値を基にZMP制御を行うこともできる。

次に、直動リンクの構造について図を用いて詳細に説明する。

第3図は直動リンクの要部斜視図であり、第4(a)図は直動リンクの要部側面図であり、第4(b)図は第4(a)図のA-A線の要部矢視断面図である。

第3図又は第4図において、15は直動リンク、21は後述のモータ、ギアユニット、保持ブレーキ、ロータリエンコーダ等を保持する保持ケーシング、22は保持ケーシング21から延設された中空状のアウターチューブ部、23はアウターチューブ部22に挿設され直動リンク15の長手方向に摺動するインナーロッド部である。直動リンク15の伸縮はインナーロッド部23が摺動することにより行われる。24はインナーロッド部23にその長手方向に形成された雄螺子軸挿通孔、25はインナーロッド部23の外周に上下に対向してその長手方向に敷設されたロッドレール部、26はロッドレール部25が嵌合して摺動するレールガイド部、27はインナーロッド部23の初期位置を検出する初期位置センサ、28はモータ、29はモータ28の回動軸の回動を所定の回動速度に減速するギアユニット、30は非通電時においてモータ28の回動軸を固定しインナーロッド部23を保持するための保持ブレーキ、31はモータ28の回動軸の回動を検出するロータリエンコーダ、32はギアユニット29を介した回動軸と後述の雄螺子軸部を連結するカップリング、33は後述の雄螺子軸部を支持するペアリング、34はアウターチューブ部22の内部にインナーロッド部23の雄螺子軸挿通孔24に挿通されて配設され外周が螺子切りされた雄螺子軸部、35はインナーロッド部23のアウターチューブ部22の内部側の端部の雄螺子軸挿通孔24内に固定され雄螺子軸部34に螺合した雌螺子ナット部、36a、36bはストップである。

ここで、本実施の形態2においては、保持ケーシング21及びアウターチューブ部22の材質として、軽量で且つ比較的強度の高いアセタール系プラスチック

のジュラコンを用いた。また、初期位置センサ 27 として、フォトマイクロセンサを用いた。

モータ 28、ギアユニット 29、保持ブレーキ 30、ロータリエンコーダ 31 を保持する保持ケーシング 21 に冷却用スリットや空冷フィンを形成しモータ 28 を冷却することができる。これにより、モータ 28 の負荷を低減することができる。また、同様の目的で冷却用のファンを系内に配設することもでき、同様の効果を得ることができる。

モータ 28、ギアユニット 29、保持ブレーキ 30、ロータリエンコーダ 31 は、直動リンク 15 のベース部 2 側に配設されたケーシング 21 内に配設されている。これにより、直動リンク 15 における右足部 3 又は左足部 4 側の重量を軽減することができるので、右足部 3 又は左足部 4 を動作させる動力を低減させることができ省力性及び安定性に優れる。

また、本実施の形態 2においては、雄螺子軸部 34 と雌螺子ナット部 35 を螺合させるために滑り螺子を用いている。これにより、インナーロッド部 23 を高速で摺動させることができ、歩行速度を向上させることができる。なお、雄螺子軸部 34 と雌螺子ナット部 35 の螺合は滑り螺子に限られるものではなく、ボール螺子を用いることもできる。ボール螺子を用いた場合は、螺合部分の摩擦抵抗を低減することができるが、装置が大型化したり、リード角の設定等が制限されたりするため、装置の大きさや必要な可動速度等を考慮して適宜選択されことが好ましい。

第 3 図又は第 4 図に示すように、モータ 28 が駆動されると、その回動軸が回動しギアユニット 29 により所定の減速比で減速された回動速度により雄螺子軸部 34 が回動する。雄螺子軸部 34 にはインナーロッド部 23 に固定された雌螺子ナット部 35 が螺合している。ここで、インナーロッド部 23 は外周面に設けられたロッドレール部 25 がレールガイド 26 に嵌合しているため、長手方向には摺動するが軸周方向には回動しない。これにより、雄螺子軸部 34 が回動すると、送り螺子機構により雌螺子ナット部 35 を介してインナーロッド部 23 がその長手方向に摺動する。このようにして、直動リンク 15 の伸縮が行われる。

続いて、ベース部側受動ジョイントの構造について図を用いて詳細に説明する

第5図はベース部側受動ジョイントの要部斜視図である。

第5図において、2はベース部、15は直動リンク、16はベース部側受動ジョイント、21は直動リンク15の保持ケーシング、41はベース部2の下部に固定されたコ字形状のベース部側上部継手、42はベース部側上部継手41の立設された対向辺に架設された上部継手軸、43は直動リンク15の保持ケーシング21側の上端部に固定されたコ字形状のベース部側下部継手、44はベース部側下部継手43の立設された対向辺に架設されベース部側下部継手43を回動自在に軸支する下部継手軸、45は上部継手軸42と下部継手軸44を直交させて連結する連結回動部である。

第5図に示すように、ベース部側下部継手43は、ベース部側上部継手41に対して、上部継手軸42と下部継手軸44の軸周方向に回動する。これにより、ベース部側受動ジョイント16は、直動リンク15の長手方向に直交する上部継手軸42と下部継手軸44の軸周方向に2自由度を有するので、直動リンク15の伸縮に追従してこれを妨げることなく円滑に従動する。

続いて、足部側受動ジョイントの構造について図を用いて詳細に説明する。

第6図は足部側受動ジョイントの要部斜視図である。

第6図において、3aは固定板、15、15'は直動リンク、17は足部側受動ジョイント、23は直動リンク15のインナーロッド部、23'は直動リンク15'のインナーロッド部、51はインナーロッド部23の下端部に連結されたコ字形状の第1の足側上部継手、53はインナーロッド部23'の下端部に連結されたコ字形状の第2の足側上部継手、55は第1の足側上部継手51と第2の足側上部継手53の立設された対向辺に架設され第1の足側上部継手51と第2の足側上部継手53を連結し各々回動自在に軸支する上部継手軸、56は後述の足側基部を介して固定板3aに連結されたコ字形状の足側下部継手、57は足側下部継手56の立設された対向辺に架設された下部継手軸、58は固定板3a上に固定された足側基部、59は足側基部58に対して足側下部継手56を回動自在に軸支する基部軸、60は上部継手軸55と下部継手軸57を直交させて連結する連結回動部である。

第6図に示すように、第1の足側上部継手51及び第2の足側下部継手53は、足側下部継手56に対して、上部継手軸55と下部継手軸57の軸周方向に回動する。また、足側下部継手56は、足側基部58に対して、基部軸59の軸周方向に回動する。これにより、足部側受動ジョイント17は、直動リンク15の長手方向に直交する上部継手軸55と下部継手軸57の軸周方向に2自由度を有すると共に、直動リンク15の軸方向の基部軸59の軸周方向に1自由度を有するので、直動リンク15の伸縮に追従してこれを妨げることなく円滑に従動する。

以上のように構成された本実施の形態2における2足歩行ロボットの下半身モジュールの歩行動作については、実施の形態1で説明したものと同様であるので説明を省略する。

以上のように、本実施の形態2における2足歩行ロボットの下半身モジュールは構成されているので、以下のような作用を有する。

(1) 直動リンク15を用いることで、各々の直動リンク15が互いに干渉することがないため装置の小型化及びコンパクト化が可能であると共に、設計の自由度に優れる。

(2) 直動リンク15を用いることで、直動リンク15の伸長時と短縮時で直動リンク15のモータ28にかかる負荷に大きな差が出ないため、下半身モジュール1cが低い姿勢をとった場合にモータ28にかかる負荷トルクを低減できると共に、モータ28の消費電力を節約でき省エネルギー性に優れる。

(3) 2足歩行ロボットの下半身モジュール1cの左右の脚部が各々ベース部2と右足部3及び左足部4との間に複数の直動リンク15を並列に配設したパラレルリンク機構により形成されているので、大きな負荷に耐えることができ重量物の搬送が可能で実用性に優れると共に、2足歩行ロボットの下半身モジュール1cの脚部の動作に上半身の補償動作を必要としないため、重量の大きい上半身を搭載又は組み込むことができ設計の自由度に優れる。

(4) 歩行動作中における直動リンク15の可動変位の誤差による右足部3又は左足部4の位置誤差が平均化されるため、高精度の動作を行うことができると共に、直動リンク15の変位を検出するロータリエンコーダ31に高い分解能を必

要としないため生産性に優れる。

(5) 各々の直動リンク15には引っ張り力及び圧縮力のみが印加され曲げモーメントが加わらないため、強度及び剛性に優れると共に、材質や形状の選択の幅が広がり設計の自由度に優れる。また、雄螺子軸部34と雌螺子ナット部35を用いた送り螺子機構によりインナーロッド部23を摺動させることで、制御が容易で且つ強度及び剛性に優れる。

(6) 複数の直動リンク15として同一の構造のものを用いることができるのと、製造時の省コスト性及び省力性に優れると共に、メンテナンス性を向上させることができる。

(7) 直動リンクが2つを1組としてV字形状に配設され、右足部及び左足部に各々少なくとも3組配設され平面視三角形状に配設されているので、下半身モジュールの脚部が各々スチュワートプラットフォームにより構成され安定性及び強度に優れる。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明の2足歩行ロボットの下半身モジュールによれば以下のような有利な効果が得られる。

請求の範囲第1項に記載の発明によれば、

(1) 下半身モジュールの脚部が、ベース部と右足部及び左足部との間に各々複数のリンクが並列に配設されたパラレルリンク機構部により形成されているので、各々のリンクに負荷が分散され大きな負荷に耐えることができ剛性を高くすることができると共に、右足部及び左足部における出力が大きく、重量物の搭載や搬送等が可能で実用性に優れる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

(2) 下半身モジュールの脚部が、ベース部と右足部及び左足部との間に各々複数のリンクが並列に配設されたパラレルリンク機構部により形成されているので、歩行動作中におけるリンクの可動変位の誤差による右足部又は左足部の位置誤差が平均化され高精度の位置決めを行うことができると共に、リンクの変位を検出する検出器に高い分解能を必要としないため生産性に優れる2足歩行ロボット

の下半身モジュールを提供することができる。

(3) 下半身モジュールの脚部の動作に上半身の補償動作を必要としないため、重量の大きい上半身を搭載又は組み込むことができ設計の自由度に優れる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

(4) 下半身モジュールの脚部がパラレルリンク機構部により形成されているので、動作制御のための逆運動学の計算が容易であり、歩行パターンを生成するコンピュータの負担を軽減することができる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

(5) 下半身モジュールの脚部がパラレルリンク機構部により形成されているので、シリアルリンク機構に比べ、下半身モジュールが低い姿勢をとった場合にリンクのアクチュエータにかかる負荷トルクを低減できると共に、アクチュエータの動力を節約でき省エネルギーに優れる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

(6) パラレルリンク機構部を構成する複数のリンクとして同一の構造のものを用いることができる、製造時の省コスト性及び省力性に優れると共に、メンテナンス性を向上させることができる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

請求の範囲第2項に記載の発明によれば、請求の範囲第1項の効果に加え、

(1) 左右の脚部に用いられる各々のパラレルリンク機構部は、2本のリンクを1組としてV字形状に配設され、それが3組配設されたスチュワートプラットフォームにより構成されているので、安定性及び剛性に優れると共に、動作制御を簡便化することができる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

請求の範囲第3項に記載の発明によれば、請求の範囲第1項又は第2項の効果に加え、

(1) パラレルリンク機構部が各々6自由度を有することにより、右足部及び左足部が多様な動作を行うことができ、歩行動作を円滑に行うことができる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

(2) 右脚のパラレルリンク機構部と左脚のパラレルリンク機構部とが対称に配

設された場合、各々のパラレルリンク機構部が6自由度を有することにより、歩行動作時に下半身モジュールの腰軸に軸周方向のモーメントがかからないよう歩行制御を行うことができるため、歩行時にベース部が腰軸の軸周方向の回動することなく安定した歩行が可能である2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

請求の範囲第4項に記載の発明によれば、請求の範囲第3項の効果に加え、

(1) パラレルリンク機構部のリンクとして、可動方向がリンクの長手方向である直動リンクと用いることで、各々の直動リンクが互いに干渉することがないため装置の小型化及びコンパクト化が可能であると共に、設計の自由度に優れる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

(2) パラレルリンク機構部のリンクとして、可動方向がリンクの長手方向である直動リンクを用いることで、直動リンクの伸長時と短縮時で直動リンクのアクチュエータにかかる負荷に大きな差が出ないため、下半身モジュールが低い姿勢をとった場合にアクチュエータにかかる負荷トルクを低減できると共に、アクチュエータの動力を節約でき省エネルギー性に優れる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

(3) 各々の直動リンクには引っ張り力及び圧縮力のみが印加され曲げモーメントが加わらないため、強度及び剛性に優れると共に、材質や形状の選択の幅が広がり設計の自由度に優れる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

請求の範囲第5項に記載の発明によれば、請求の範囲第1項乃至第4項の内いずれか1項の効果に加え、

(1) 直動リンクをその長手方向に伸縮させるために、直動型アクチュエータを用いることができるので、部品点数を減少させることができると共に、高精度の変位制御を容易に行うことができる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

請求の範囲第6項に記載の発明によれば、請求の範囲第5項の効果に加え、

(1) 直動型アクチュエータがベース部側に配設されるため、直動リンクの右足部及び左足部側の重量を軽減することができ、右足部及び左足部を動作させる動

力を低減させることができ省エネルギー性及び安定性に優れる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

請求の範囲第7項に記載の発明によれば、請求の範囲第1項乃至第6項の内いずれか1項の効果に加え、

(1) 直動リンクが、2自由度を有するベース部側受動ジョイントと、3自由度を有する足部側受動ジョイントにより、その両端においてベース部と足部に連結されているので、各々の受動ジョイントが直動リンクの伸縮に追従してこれを妨げることなく円滑に従動し、安定した動作が可能であると共に、可動範囲を広く設定することができる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

(2) 左右脚のパラレルリンク機構部が、各々6自由度に形成されるため、右足部及び左足部が、前後、左右、上下、及び前後方向、左右方向、上下方向を軸とした軸周方向の動作が可能であり、多様な動作を行うことができ、歩行動作を円滑に行うことができる2足歩行ロボットの下半身モジュールを提供することができる。

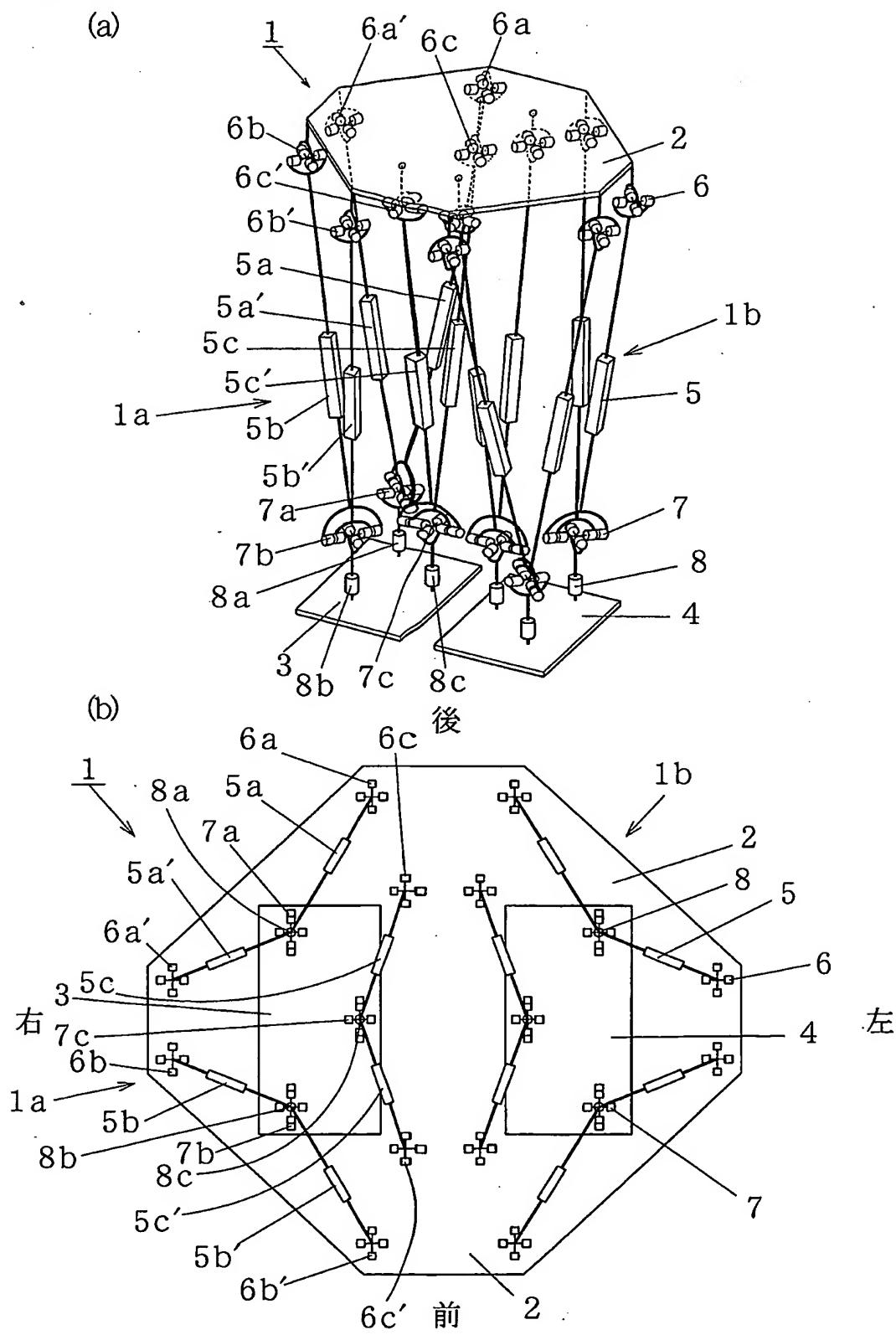
請求の範囲

1. ベース部と、右足部及び左足部と、前記ベース部と前記右足部及び前記左足部の各々に配設された複数の受動ジョイントと、前記ベース部に配設された前記受動ジョイントと前記右足部に配設された前記受動ジョイントとの間、及び、前記ベース部に配設された前記受動ジョイントと前記左足部に配設された前記受動ジョイントとの間に各々配設されたパラレルリンク機構部と、を備えていることを特徴とする2足歩行ロボットの下半身モジュール。
2. 前記ベース部と前記右足部との間及び前記ベース部と前記左足部との間に配設された各々3組の前記パラレルリンク機構部を備えていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュール。
3. 前記パラレルリンク機構部が、各々6自由度を有していることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュール。
4. 前記パラレルリンク機構部のリンクとして、前記ベース部と前記右足部との間、及び前記ベース部と前記左足部との間に前記受動ジョイントを介して各々複数立設された伸縮可能な直動リンクを備えていることを特徴とする請求の範囲第1項乃至第3項の内いずれか1項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュール。
5. 前記パラレルリンク機構部のリンクが、各々アクチュエータとして直動型アクチュエータを備えていることを特徴とする請求の範囲第1項乃至第4項の内いずれか1項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュール。
6. 前記直動型アクチュエータが、前記直動リンクの前記ベース部側に配設されていることを特徴とする請求の範囲第5項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュール。
7. 前記受動ジョイントとして、
前記ベース部に固定されたコ字形状のベース部側上部継手と、前記直動リンクの端部に固定されたコ字形状のベース部側下部継手と、前記ベース側上部継手と前記ベース側下部継手を直交状に回動自在に連結する連結回動部と、を有するベース部側受動ジョイントと、
前記直動リンクの端部に固定されたコ字形状の足部側上部継手と、前記足部に

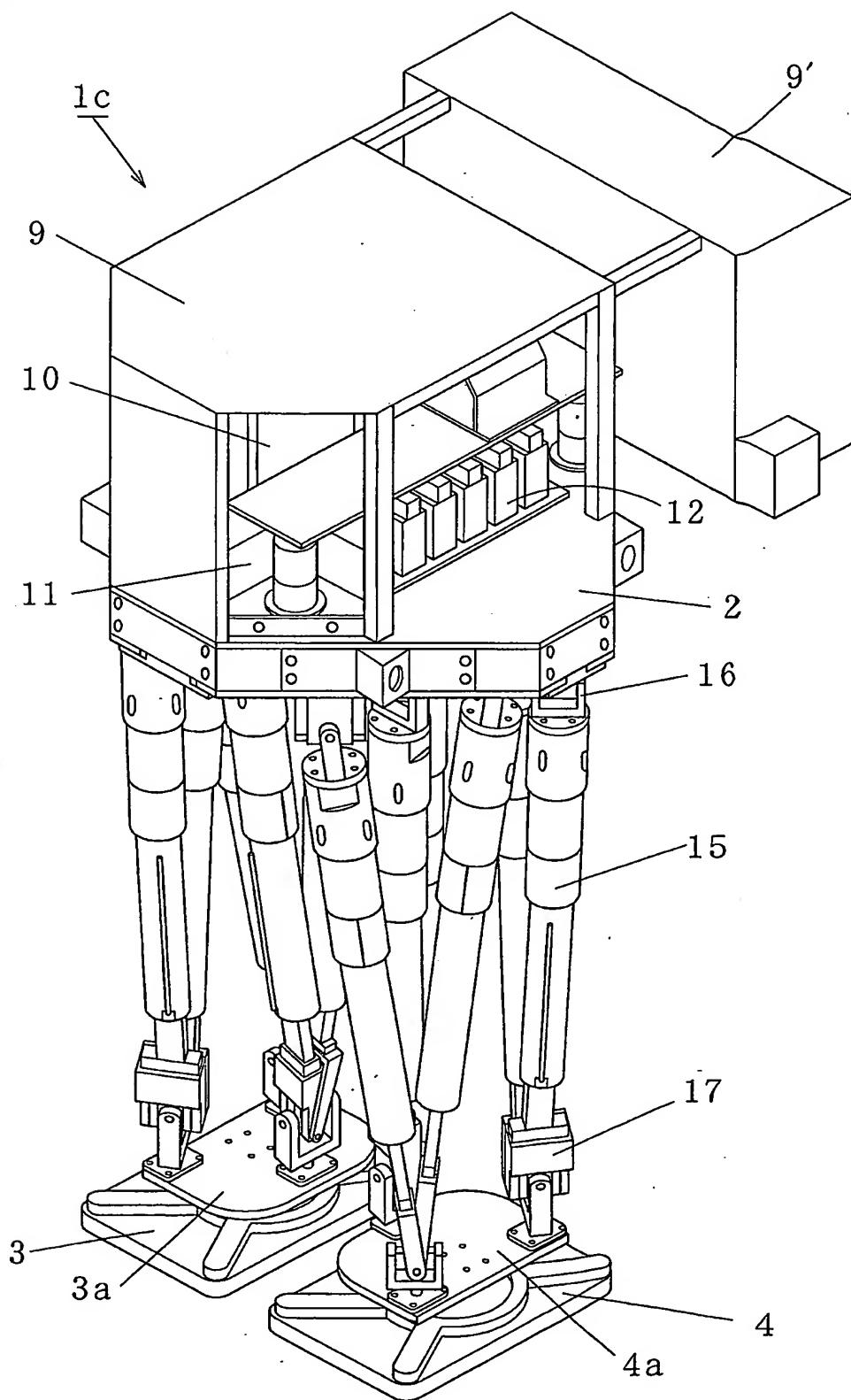
回動自在に固定されたコ字形状の足部側下部継手と、前記足側上部継手と前記足側下部継手を直交状に回動自在に連結する連結回動部と、を有する足側受動ジョイントと、

を備えていることを特徴とする請求の範囲第1項乃至第6項の内いずれか1項に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュール。

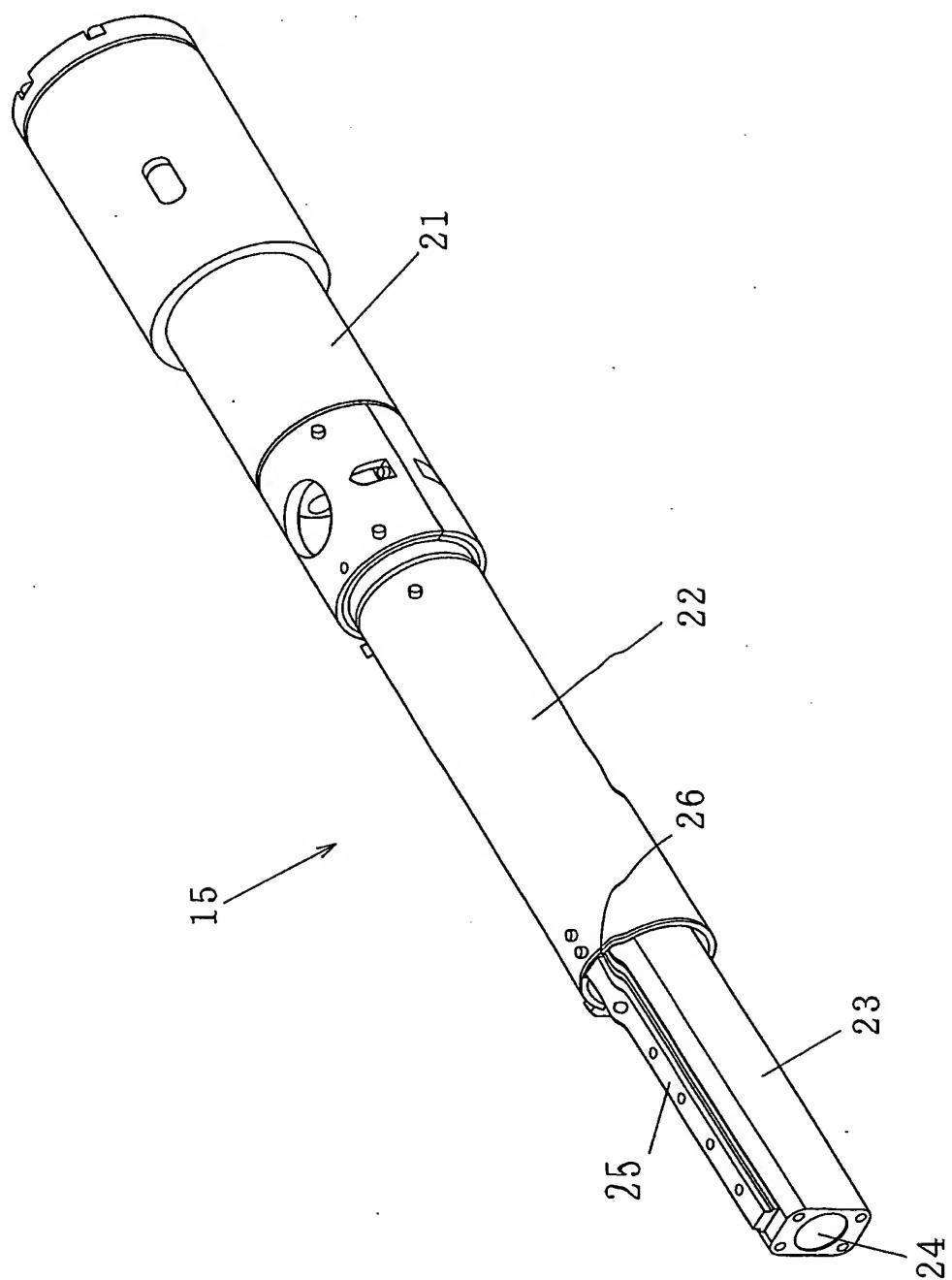
第1図



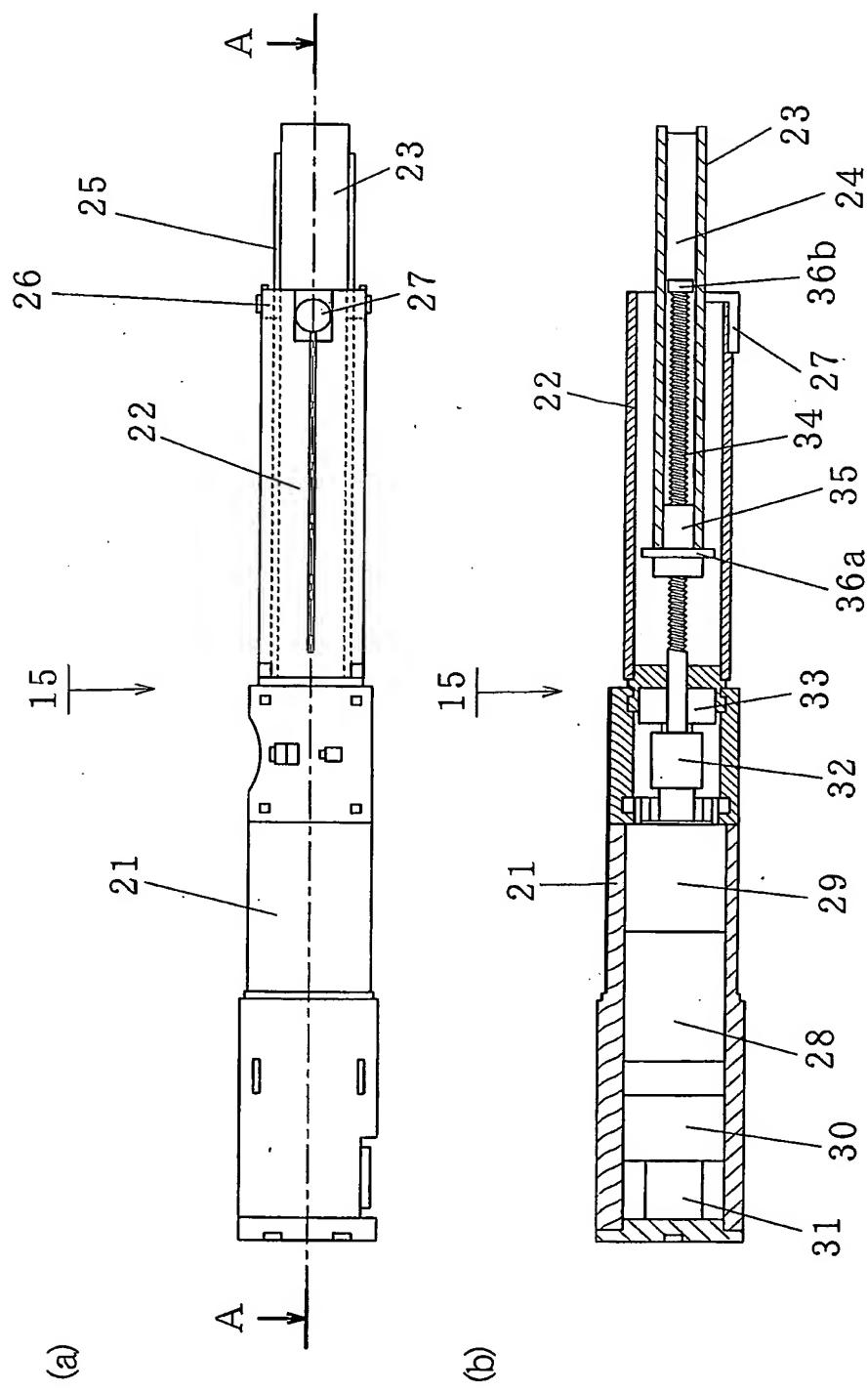
第2図



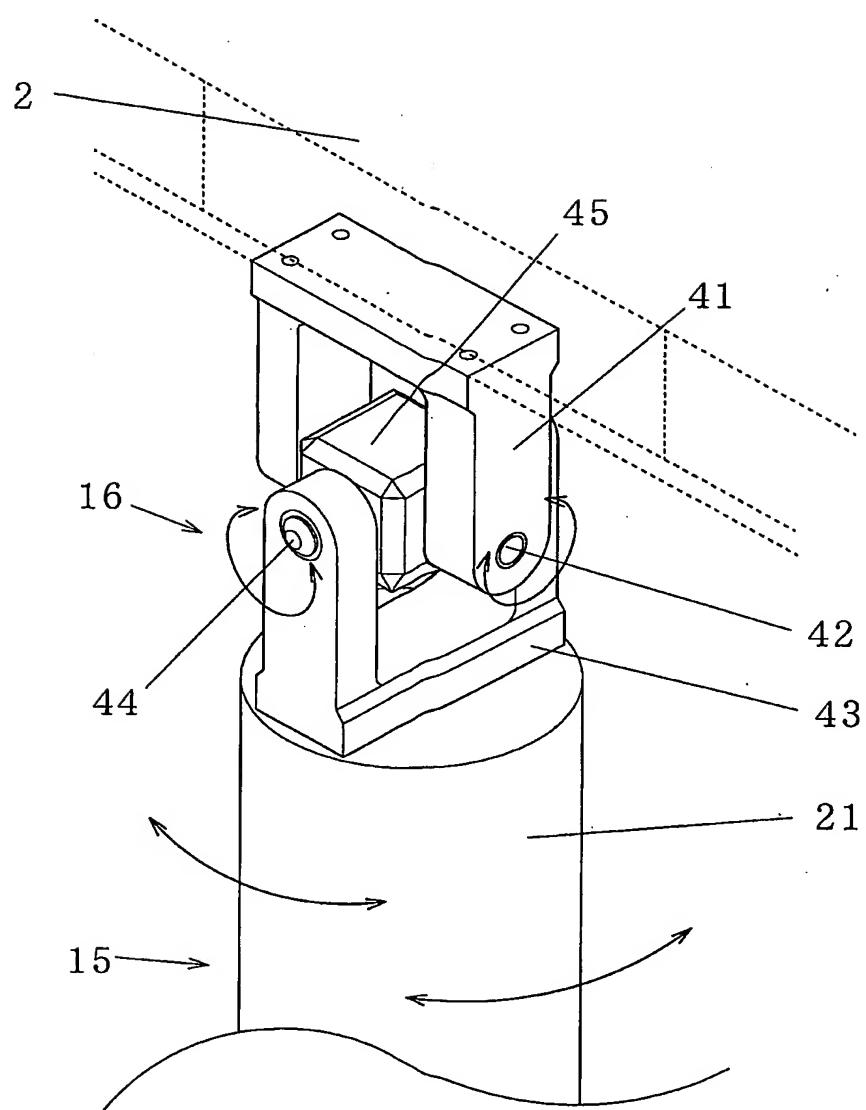
第3図



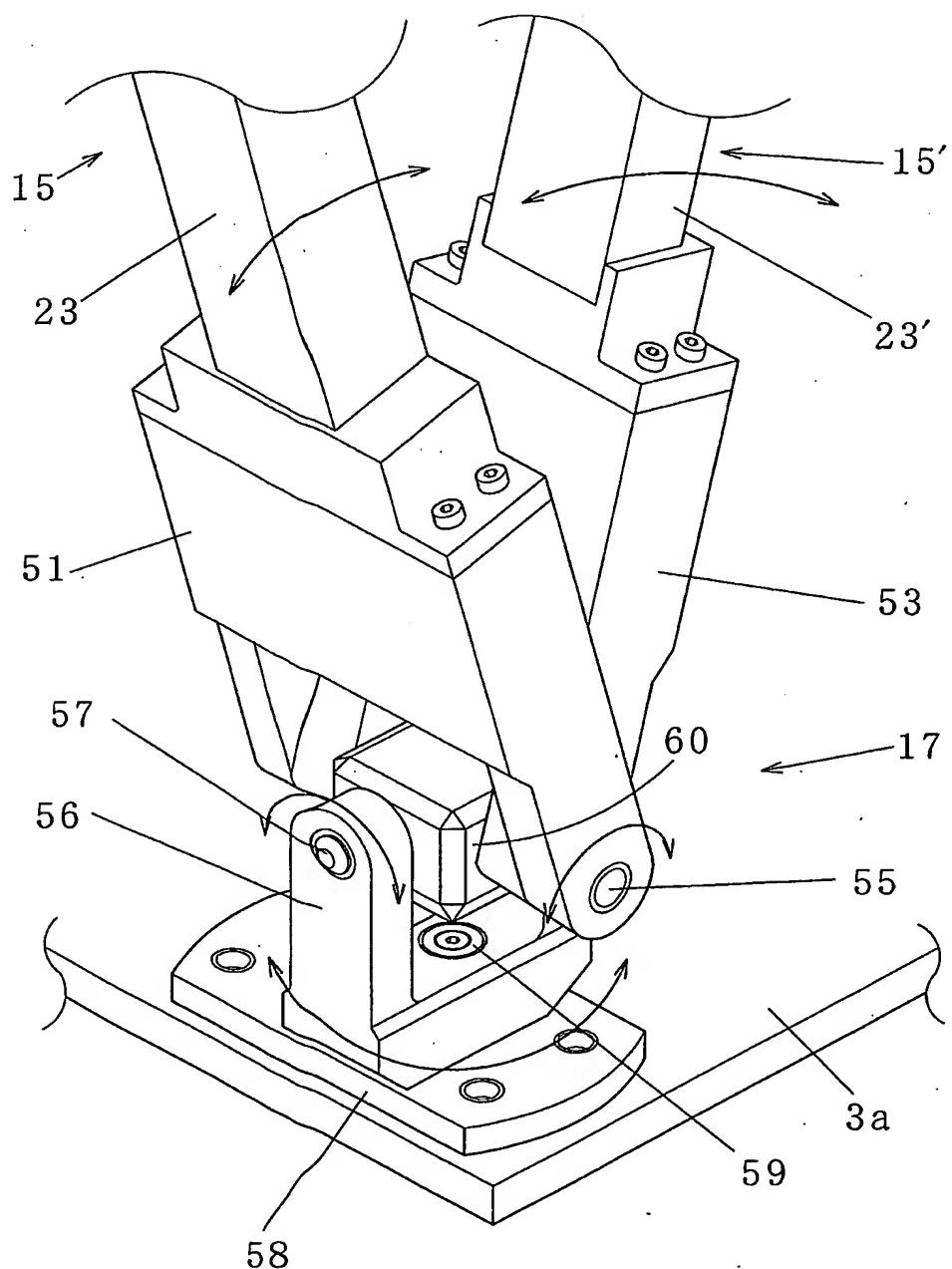
第4図



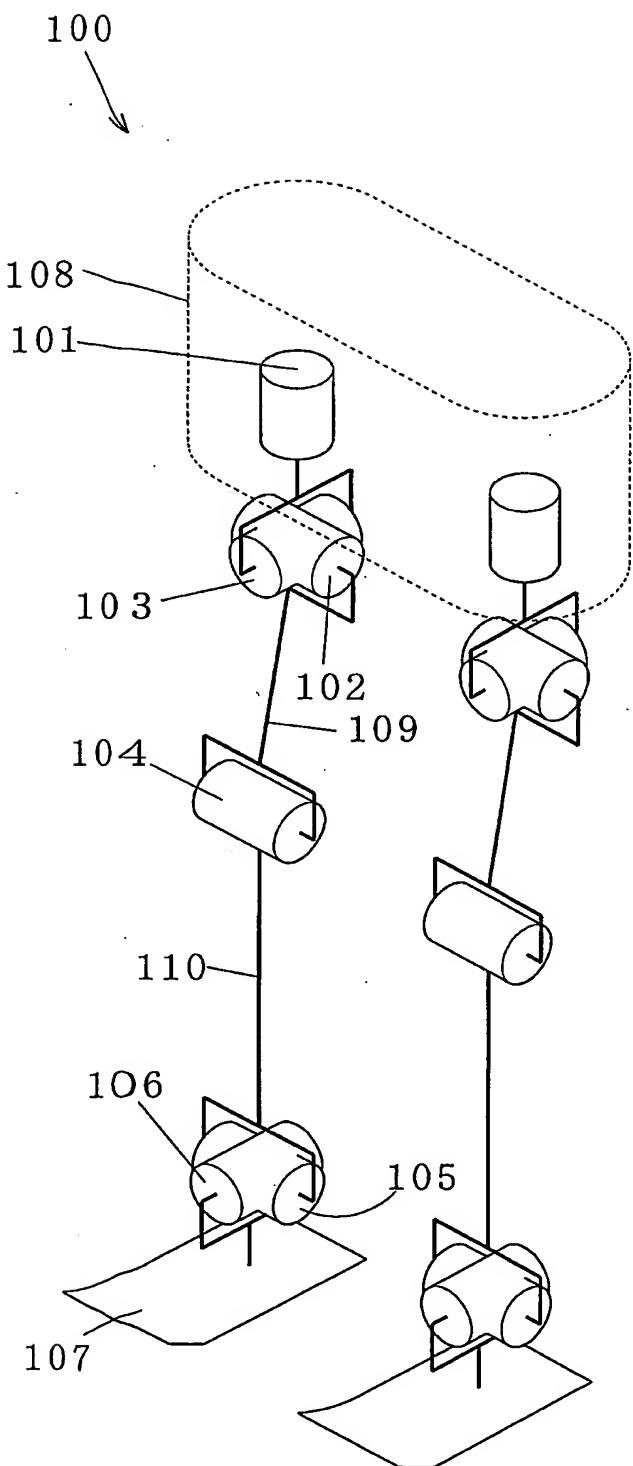
第5図



第6図



第7図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11696

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B25J5/00, 19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B25J1/00-21/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003
 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 JOIS (JICST)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| X | Mitsuharu MORISAWA et al., "Kankyo Mode o Koryo shita Parallel Link-gata Nisoku Hoko Robot no Anteika Seigyo", The Institute of Electrical Engineers of Japan Sangyo Keisoku Seigyo Kenkyukai Shiryo, 17 February, 2003 (17.02.03), Vol.IIC-03, No.15-29. 32-44, pages 141 to 146 | 1-3 |
| Y | JP 11-300560 A (Okuma Corp.), 02 November, 1999 (02.11.99), Full text; all drawings (Family: none) | 4-6 |
| P, X | JP 2003-291080 A (Kabushiki Kaisha Temuzakku), 14 October, 2003 (14.10.03), Full text; all drawings (Family: none) | 1-7 |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

| | | |
|-----|---|---|
| "A" | Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "E" | earlier document but published on or after the international filing date | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "L" | document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "O" | document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | "&" document member of the same patent family |
| "P" | document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

Date of the actual completion of the international search
 01 December, 2003 (01.12.03)

Date of mailing of the international search report
 13 January, 2004 (13.01.04)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Faxsimile No.

Telephone No.